

ゲームステージ作成アプリを活用した「お絵かきロジック」の教材化 —アルゴリズムを扱う中学校選択授業「ゲームで学ぶ数学」の試み—

小池 翔太¹⁾ 高橋 正太郎¹⁾ 荻無里 広造¹⁾

千葉大学大学院教育学研究科 修士課程¹⁾

パズルを解くことで、アルゴリズムの考え方を育てることが注目されている。パズルを題材とした授業実践を行うことで、学習者への動機付けができ、意義があると考えられる。しかし、パズルを題材として、アルゴリズムの考え方を育てる授業実践の報告は多くない。そこで本研究では、中学校3年生の選択授業において、ゲームステージ作成アプリを活用した、「お絵かきロジック」というパズルの教材化を試みた。授業として扱う際には、現代のデジタル技術の発展や生徒の実態に応じて、パズルの面白さを演出していく必要があった。実践を通して、パズルを解くことによる生徒の動機付けの有効性を示すことができた一方、アルゴリズムが数学としてどのように位置づくかについて、生徒に理解させることについては課題が残った。

キーワード：パズル、アルゴリズム、数学科、タブレット端末、教材開発、演出

1. はじめに

平成20年告示の中学校学習指導要領では、数学科の目標として、「事象を数理的に考察し表現する能力を高める」という記述がある(文部科学省 2008a)。このうち「表現する」ということについて、「中学校学習指導要領解説 数学編」では、「既習の数学を活用する手順を順序よく的確に説明したりする場面で必要」とであると解説されている(文部科学省 2008b)。

このように、生徒が問題の手順を順序良く処理して解決できるようになるために、アルゴリズム¹⁾について学ばせることがある。例えば、教科書の各章の終わりのページで、パズルを解くような題材が確認できる。その他にも、金児(2004)は、アルゴリズムを意識して、文字を用いた式のよさを実感できる学習を実践している。

アルゴリズムについて学ばせることは、技術・家庭科の内容「D 情報に関する技術」でも扱われている。具体的には、「(3) プログラムによる計測・制御について、次の事項を指導する」における、「情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること」である。

プログラミングを行う職業であるプログラマーは、パズルを解くことでアルゴリズムの考え方を身につけることがある。例えば、Levitin(2014)は、プログラマーに向けた書籍において、「パズルを解くことで、アル

ゴリズム的思考を鍛える」と主張している。他にも、パズルを解くことでアルゴリズムの考え方を身につけることを目指すような書籍は、多く確認できる。

安藤ほか(2010)は、中学生が図形に親近感を持って学習できるように、パズルを題材とした授業実践を行っている。このような実践を行うことで、学習者への動機付けができると考えられる。

一方、パズルを題材として、アルゴリズムの考え方を育てる授業実践の報告は多くない。教科書の各章の終わりのページでパズルが取り上げられている場合は、授業と異なる文脈で中学生に学習させていると素朴に考えられる。またパズルを題材とした授業実践の事例を確認すると(岡山県教育センター 2003)²⁾、パズルを解いてアルゴリズムの考え方を育てるような内容は少ない。

また、アルゴリズムの考え方を育てることができるような人気を集めたパズルに注目すると、例えば、1979年頃に発案された「ナンバープレース」³⁾、1988年頃に発案された「お絵かきロジック」⁴⁾などがある。これらは論理的に解いていき、ゴールへ達成できるゲーム性のある面白さが、人気の理由の一つであると考えられる。しかし、お絵かきロジックが授業の教材として扱われた事例は確認できない。

では、お絵かきロジックを授業の教材として扱うことの意義はあるのだろうか。これを探るために、お絵かきロジックの特徴を詳しく確認する。

お絵かきロジックとは、表中の数字がその列にある「黒マス」の連続数を表していき、これを解いていくとイラストが完成するパズルである(図1)。

お絵かきロジックのような教材を使った授業を行う

Shota KOIKE¹⁾, Shotaro TAKAHASHI¹⁾ and Kozo OGINASA¹⁾: The Teaching Materials of "Picture Logic" Using the Stage-Games Creation App -In an Optional Class "Mathematics Studying with Gaming" for Junior High School Students-

¹⁾ Graduate School of Education, Chiba University

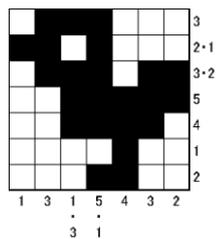


図1 お絵かきロジックの例（筆者らが作成）⁵

ことで、例えば数学で取り上げられる背理法や解の存在の一意性などの学習にも発展できると考えられる。これらに関して、菊池（1995）は、お絵かきロジックを解くアルゴリズムを提案している。解が一意であるお絵かきロジックの全ての問題は、一定のアルゴリズムで解けることが証明されている。

そこで、本研究では、お絵かきロジックの教材化を試みた。その際、後に詳しく論じるが、タブレット端末上のゲームステージ作成アプリを活用し、生徒の実態に応じてパズルの面白さを演出する工夫を行った。

以上を踏まえ、本研究の目的は、お絵かきロジックの教材を開発し、これを用いた授業を实践し、成果と課題を考察することとする。⁶

2. ゲームステージ作成アプリを活用したお絵かきロジックの教材開発

お絵かきロジックが人気である理由として、(1) 論理的にパズルのマス目を埋めていく面白さ、(2) マス

目を埋め完成するとイラストとして表現される面白さ、の2点があると考えられる。

しかし、(2) のイラストはいわゆる「ドット絵」であるため、イラストに見えづらく共感できない生徒が出てくることが考えられる。よって、イラストとして見えることと異なる別の面白さを演出する必要があると考えられる。

そこで筆者らは、自由に横スクロールゲームを作れるiOSアプリケーションである「Pixel Press Floors」⁷（以下、Floors と表記）に注目した。Floors では、マス目に床や障害物などを設置することができ、プログラミング言語などの知識を必要とせず、直感的にゲームステージを作成できるものである。

よって、お絵かきロジックを正しく解くことによって、ゲームステージが完成するような問題を開発した。また、正しく解くことによって、Floors のゲームを遊べるようなストーリーを検討した。これらは、次節で述べるストーリーに沿ったプリントを使って、無理なく演出した。これについては、次節で詳しく論じていく。

Floors のステージに沿ったお絵かきロジックの問題を、図2と図3のように開発した。そのため、完成図はイラストでなく、Floors のステージを表している。

図2のお絵かきロジックの問題は、授業の前半で取り組ませるもので、1つの問題を縦1列、横1列、5×5の区画として、合計12問とした。これらの12問の問題を合わせると、Floorsのゲームステージが完成し、タブレット端末で遊べるようにしていきたい。

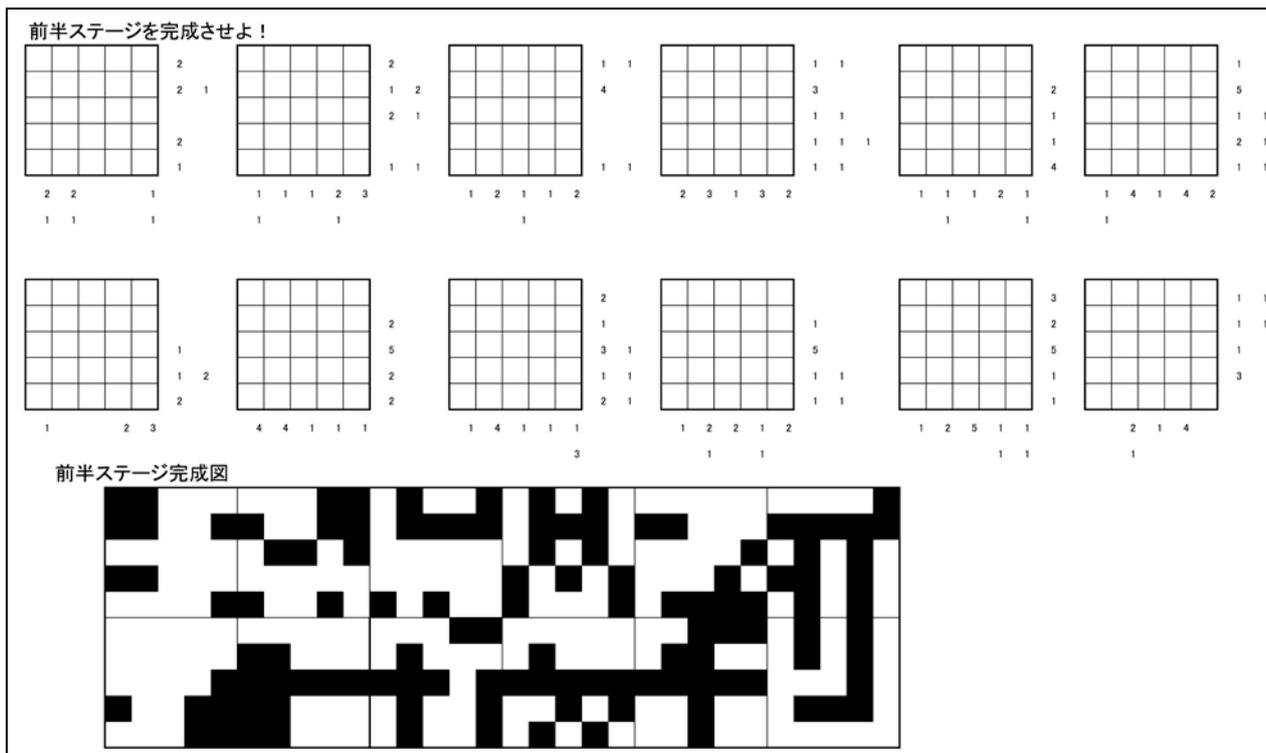


図2 前半のお絵かきロジックの問題とゲームステージ完成図（筆者らが作成）

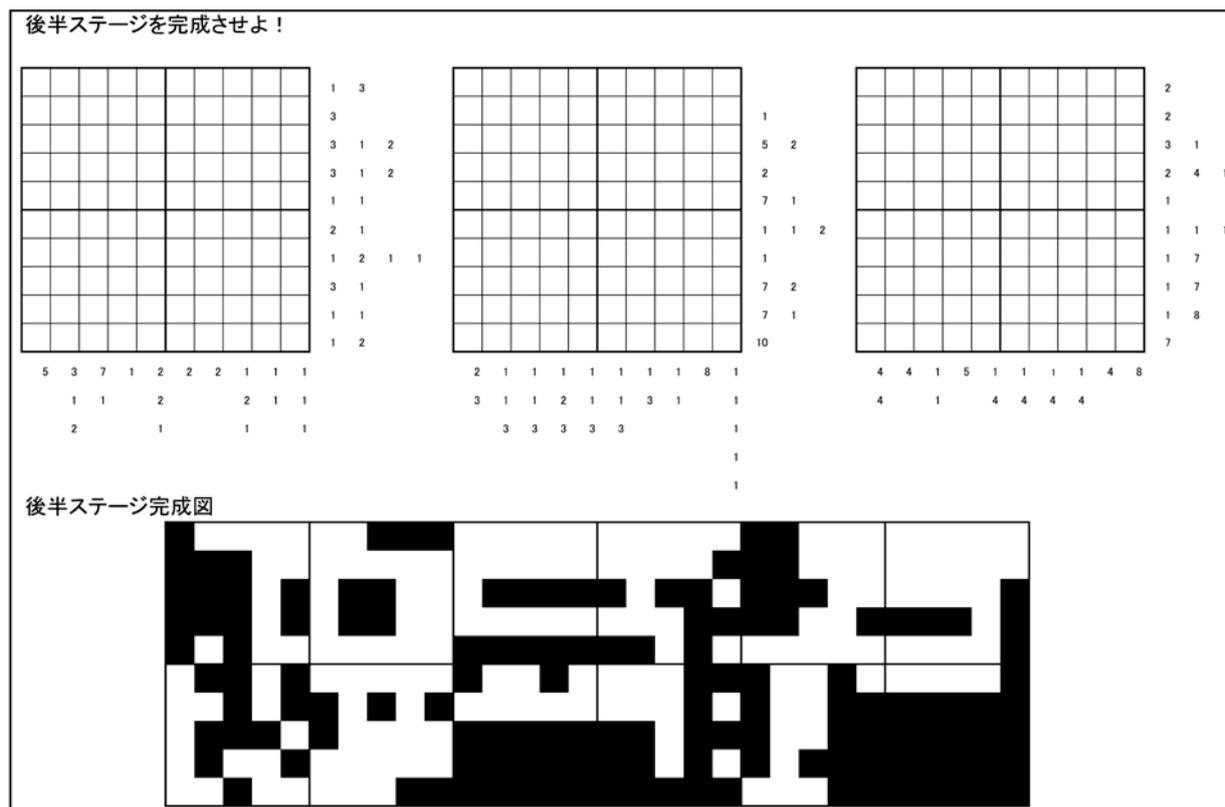


図3 後半のお絵かきロジックの問題とゲームステージ完成図（筆者らが作成）

同様に、図3は授業の後半で取り組ませるもので、1つの問題を縦1列、横1列、10×10の区画として、合計3問とした。図2のお絵かきロジックの問題よりも、難易度を高く設定した。

この完成図と同じ形のゲームステージを、生徒用のiPadのFloors上に作成しておいた。その際、生徒が楽しくFloorsのゲームを遊べるように、床や障害物などを工夫して作成するようにした。具体的には、前半ステージでは、段差を乗り越えるだけのような簡単な障害物を設置し、後半では沼に落ちるとゲームオーバーになるような難しい障害物を設置するようにした⁸。

3. 授業計画

まず、授業全体の概要について記述していく。

本授業のねらいを、「お絵かきロジックの解法に一定のアルゴリズムがあることを知り、解法を論理的に考察し表現することができる」と設定した。

授業の実践校は、千葉大学教育学部附属中学校とした。授業の対象生徒は、3年生選択授業「ゲームで学ぶ数学」の受講生とした。

以上のような授業全体の概要を、表1に示した。

次に、授業を計画する上で工夫した内容について記述していく。具体的に、次の3つの視点で記述していく。

表1 選択授業「ゲームで学ぶ数学」の概要

- ・実践校：千葉大学教育学部附属中学校
- ・実践日時：2014年6月25日、7月2日
いずれも13:00から13:45（2時間扱い）
- ・受講生徒数：15名（男子11名、女子4名）
- ・講座全体監修：藤川大祐教授（千葉大学教育学部）
- ・講座担当教員：荻無里広造（附属中学校非常勤講師）
- ・本研究授業担当：T1:小池翔太 T2: 荻無里広造

1点目の工夫は、お絵かきロジックを正しく解くことによって、Floorsのゲームを遊べるようなストーリーを、プリントを使って演出したことである。具体的には、「ゲームで学ぶ数学」の授業で使っている、「時空探偵ワタル-season2-」というストーリーに沿ったプリントである。

このプリントでは、授業の導入や課題提示にあたるものを、生徒が親しみやすい架空の世界観を元に、独自のストーリーとイラストを用いたデザインを施している。これらのストーリーについて、詳しくは本報告書にある太田・城（2015）と荻無里ほか（2015）を参照のこと。

Floorsのゲームを遊べるようにするために、2時間目の導入におけるプリントで演出した。2時間全体の授業の展開は後述するが、1時間目と2時間目の導入におけるプリントのシナリオの一部は、表2の通りである。

表 2 各時間の導入におけるプリントのシナリオ（一部）

<p>【1 時間目】 「ねえワタル、桜瀬橋に行ってみない？」 「タイムトラベルができるかもしれない！行ってみよう」 ワタルたちが桜瀬橋にくると橋の真ん中に、光る石が現れたのだった。ワタルが、それを手にすると、光のバールに包まれてしまった。ワタルとハルカが目覚めると、そこは見慣れぬ街だった。 「うーん…ここは…どこだ…？」 しかし、何か見たことのあるような建物もある。 「あれは駅前にあるショッピングセンター！？」 「でもあんな看板もなかったよね…おかしいな。」 どうやら、今度は過去の世界にタイムスリップしたようだ。＜中略＞ やはり、ここは 20 年前の旧桜瀬町なんだ…！ 「あれ？ あの子たち紙を落としていっちゃったよ。ねーねー！」 ハルカは紙を拾って、女子高生を追いかけていったが、気付かない様子である。 「何だろうこの紙…マス目と数字が書かれているパズル？ 初めて見たなあ…。」 「数独、ナンプレみたいな感じもするけど…一体何なのかしら？」＜中略＞ ハルカとワタルは、現実を引き受けられない様子で、お互いの顔を見合わせた。 神田の話ぶりからしても、まだ神田博士自身も現実を引き受けられないようである。 『このパズルには色んな名前があるのだが、ここでは「ピクロス」と呼んでいこう。解き方は君たちにはわからないだろう？ 実はこんなシンプルなルールなんじゃ。』＜中略＞ 「なるほど…何となくわかった気がするぞ。今拾った問題を解くとなると…こうやるのか。」 ワタルも少しずつ冷静になってきたようである。</p> <p>【2 時間目】 「ピクロスって、数学的にも分析できるんじゃないかな？」 「ワタル、私たちの時代に持ち帰って、時空研究所で聞いてみようよ！」 「そうだね！ オメガストーンがあれば戻れるはずだ！」＜中略＞ 「…ふう、今の研究所に戻れたみたい。」 「お、ワタル、ハルカ、来てくれたんじゃない！」 「博士(元に戻って…)! このピクロス、数学的に分析できませんかね？」 「ワタル、ハルカ、よくこんな昔に流行ったパズルを知っておるのう。」 「そうよ博士(やっばりあの博士は過去だったのか…)。実はこんな問題を手に入れたの。」 「ふうむ…どうやるんだったか…ワシにも納得できるよう解き方を説明してくれ、ハルカ。」＜中略＞ 「さすがハルカ、これでワシも納得できたぞい！」 「博士、これで数学にも関連していくと思うんですけど…」＜中略＞ 「博士…さっき解いた問題を iPad に取り込むと…」 「なにっ！ これはオモシロイ現象じゃ！ よく見つけたな、ハルカ！」 時を越え、ピクロスの回答結果がある記号に変換されるようである。 「まさに数学がゲームへ変わる瞬間じゃ！ オモシロイ！」 「あれ…博士、もう終わっちゃった。」 「プレイ時間は制限付きなんじゃな。まるで魔法のようじゃ。」 「(ハルカ、過去から持ってきた他の問題も解いてみれば、ゲームができるんじゃないかな!)」 ★ハルカが取り込んだゲームをするために、次の問題を正確に解こう！</p>

表 2 のうち、その演出に該当するのは、以下の記述である。

「時を越え、ピクロスの回答結果がある記号に変換されるようである。「まさに数学がゲームへ変わる瞬間じゃ！ オモシロイ！」「あれ…博士、もう終わっちゃった。」「プレイ時間は制限付きなんじゃな。まるで魔法のようじゃ。」「(ハルカ、過去から持ってきた他の問題も解いてみれば、ゲームができるんじゃないかな!)」★ハルカが取り込んだゲームをするために、次の問題を正確に解こう！」

なお、実際に生徒に配布したプリントには、イラストを入れて演出している⁹⁾。

2 点目の工夫は、アルゴリズムを意識した穴埋め型プリントである。1 時間目でお絵かきロジックの問題を解かせる際に、いしだ (1993) を参考にしてアルゴリズムを意識した穴埋め型プリントを開発した。

3 点目は、完成図の絵の本来の面白さの理解である。図 1 で表示したようなひよこのイラストが、ひよこのように見えることを、授業者が説明するようにした。

以上を踏まえて、2 時間の授業を表 3 のように計画した。

表 3 授業の計画

時間	内容 (1 時間目)
5 分	ストーリープリントによる課題を確認する (表 1)
25 分	穴埋め型プリントで問題を解く
10 分	様々なお絵かきロジックの問題を解く
5 分	ストーリーの次回予告を知る
時間	内容 (2 時間目)
3 分	ストーリープリントによる課題を確認する (表 2)
5 分	お絵かきロジックの解法とアルゴリズムを知る
5 分	お絵かきロジックの一意性と反例を知る
30 分	お絵かきロジックを解き、Floors をプレイする
2 分	ストーリーの次回予告を知りアンケートを記入する

4. 授業の実際と考察

授業ではいずれの時間においても、全員が意欲的に問題を解いている姿が観察できた。開発した図 2 と図 3 の教材についても、全員が問題に取り組むことができていた。

ただし、1 時間目の穴埋め型プリントで問題を解く際に、「この解き方だとわからない」と言う生徒が授業記録から確認できた。これは、予め決められた手順に沿って、お絵かきロジックを解いていくことが難しいと生徒

が考えていたと思われる。しかし、この生徒は、穴埋め型プリントとは異なる形で、同じ問題を解答することができていたことから、本授業のねらいである「解法を論理的に考察し表現する」ことはできていたと考えられる。

また2時間の授業後、「ピクロスは楽しかったですか」と4件法で尋ねた所、14名全員¹⁰が「とても楽しかったです」と回答した。その理由として、自由記述で「良い頭の体操となりました」などの感想が多く見られた。また、1名は「順序立てて解くと必ず解けたから」というアルゴリズムの考え方を踏まえた回答が見られた。

「ピクロスの問題は数学に関連していると思いますか？」の設問は、10名が「とてもそう思う」、3名が「そう思う」と回答した一方、1名だけ「あまりそう思わない」と回答した。その理由は「実際どうかわからないから」であった。この生徒は、お絵かきロジックが楽しいと感じる一方、それがアルゴリズムなど数学の考え方には落とし込めなかったということが伺えた。

5. おわりに

ゲームステージ作成アプリの面白さに着目して、教材化したお絵かきロジックの有効性が、おおよそ示された。

一方で、中学生という学習段階において、アルゴリズムの考え方が数学としてどのように位置づくかを、生徒に理解させることについては課題が残った。

また本稿では、授業の詳細な分析が行えていない。今後も教材の有効性を検討していきたい。

引用文献

- 安藤茜・杉江舞華・三國遥奈・山口仁美・佐治健太 (2010) 「パズルを題材とした授業の提案」、『岐阜数学教育研究』、vol.9、pp.84-93
- 太田貴之・城亜美 (2015) 「中学校社会科における物語を導入したカリキュラム開発の試み」、本報告書、pp.53-62
- 岡山県教育センター (2003) 『個性を伸ばす選択数学の学習』、岡山県教育センター
- 荻無里広造・太田貴之・高橋正太郎「カリキュラムを貫く物語要素の意義と課題—中学校選択数学授業の試みから—」、本報告書、pp.43-52
- 金児正史 (2004) 「文字を用いた式のよさを実感できる学習：アルゴリズムを意識する学習を通して」、『日本数学教育学会第86回総会全国算数・数学教育研究 日本数学教育学会誌』、臨時増刊 総会特集号、社団法人日本数学教育学会
- 菊池浩明 (1995) 「イラストロジックパズルを解くアルゴリズム」、『情報処理学会研究報告・人工知能研究会報告』、95(23)、pp.127-132
- 松村明・三省堂編修所 (2006) 『大辞林 第三版』、三省堂
- 文部科学省 (2008a) 『中学校学習指導要領』、東山書房
- 文部科学省 (2008b) 『中学校学習指導要領解説 数学編』、教育出版
- Levitin,A.&Levitin,M.著、黒川洋・松崎公紀訳 (2014) 『アルゴリズムパズル—プログラマのための数学パズル入門』、オライリージャパン

¹ 大辞林第三版では、「計算や問題を解決するための手順、方式」と定義されている。

² 本書は、以下 URL に掲載されており、パズルを題材とした授業が網羅的に掲載されているために、傍証として取り上げた。
<http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/chousa/study/02kiyoPDF/02kanamitsu.PDF>

³ 「数独」「スードク」「Sudoku」などとも呼ばれる。大辞林第三版によれば、「9×9の升目の一部に数字が書き込まれており、空いた升目に、縦1列、横1列、3×3の区画(ブロック)内に、それぞれ1から9までの数字が1回しか登場しないというルールで数字を書き込む。升目数が異なる出題方法もある」と解説されている。

⁴ 「ののぐらむ」「イラストロジック」「ピクロス」などとも呼ばれる。具体的な内容は、本論で後述する。以下、お絵かきロジックと表記。

⁵ 図1は、ひよこのイラストを想定し、筆者らが作成した。

⁶ 本稿は、2014年9月19日、日本教育工学会第30回全国大会(岐阜大学)における著者らによる発表をもとにしている。

⁷ 以下の公式ウェブサイトを参照。

<http://www.projectpixelpress.com/> (2015年2月3日確認)

⁸ 著作権処理の関係で、実際のiPad上の画面での表示は省略している。

⁹ 著作権処理の関係で、実際のイラストは省略している。

¹⁰ 受講生徒数は15名であったが、授業の当日は1名が欠席であった。